

ГИДРОХИМИЯ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР ОНОН-ТОРЕЙСКОЙ ВЫСОКОЙ РАВНИНЫ

Цыбекмитова Г.Ц.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения
Российской академии наук, Чита, e-mail: gazhit@bk.ru*

В статье представлены данные по гидрохимии озер Северо-Восточной Монголии и Улзда-Торейского бессточного бассейна, входящих в область Онон-Торейской высокой равнины. Озера приграничных районов Северо-Восточной Монголии и Забайкальского края имеют непостоянный водный режим, периодичность их колебаний обусловлена в значительной мере климатом. В засушливый период озера маловодны, среда щелочная. В исследуемый период ряд озер высохли, в том числе с 2011 г. – оз. Барун-Торей, в 2018 г. – оз. Зун-Торей. В последний раз оз. Зун-Торей высохло в 1940-х гг. Содержание растворенного кислорода изменялось в широком диапазоне (от аналитического нуля до 17,5 мг/л). По общей минерализации вода озер изменяется от пресных до сильносоленых. В маловодный 2011 г. по сравнению с 1999 г. минерализация Онон-Торейских озер увеличивается от 1,7 до 3,7 раз. По катионному составу вода озер северо-восточной Монголии с минерализацией до 10 г/л – магниевно-натриевая, более соленых – натриевая. Анионный состав озерных вод более разнообразен с преобладанием гидрокарбонатов, исключая оз. Зуун-Цайдам, в котором доминирует хлор. По ионному составу Онон-Торейские озера гидрокарбонатно-натриевые, независимо от минерализации их вод. Формирование химического состава вод в теплое время засушливых лет происходит за счет испарительного концентрирования солей.

Ключевые слова: озеро, гидрохимия, макрокомпоненты, минерализация, маловодные годы

HYDROCHEMISTRY OF CERTAIN LAKES OF THE ON-TOREAN HIGH PLAIN

Tsybekmitova G. Ts.

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Chita, e-mail: gazhit@bk.ru*

The article presents data on the hydrochemistry of the lakes of northeastern Mongolia and the basin of Uldza-Torey included in the area of the high Onon-Torey plain. The lakes of the border regions of North-Eastern Mongolia and Trans-Baikal Territory have a non-permanent water regime; the frequency of their fluctuations is largely due to climate. During the dry period the lakes are shallow, of the water is alkaline. During the study period, a number of lakes have decreased, including, since 2011 Lake Barun-Torey, in 2018 – Lake Zun-Torey are dry. The last time the lake Zun-Torey was the dried up in the 40s of the XX century. The content of the was dissolved oxygen varied over a wide range (from analytical zero to 17.5 mg / l). As for the total mineralization, the water of the lakes is changing from freshwater to highly saline. In the dry year of 2011 compared with 1999, the salinity of Onon-Tori lakes increases from 1.7 to 3.7 times. In the water of the lakes of northeastern Mongolia with mineralization up to 10 g / l, magnesium and sodium in the cations predominate. With an increase in mineralization, only sodium dominates. Anionic composition of waters in lakes with a predominance of the hydrocarbonats. The exception is the lake Zuun-Tsaydam, in which the chlorine anion prevails. The main anions and cations in the ionic composition of the waters of the lakes of the Onon-Torei Plain are hydrocarbonate and sodium, regardless of the salinity of their waters. The formation of the chemical composition of water in the warm season of dry years is due to the concentration of salts during evaporation.

Keywords: lake, hydrochemistry, macrocomponents, mineralization, dry years

Онон-Торейская равнина – трансграничная территория Забайкальской России и Северо-Восточной Монголии, простирающаяся от Борщовочного хребта на северо-западе до Баян-Ула на юго-востоке [1]. На данной территории достаточно много соленых озер, из которых большинство имеют площадь 1–5 км² и только немногие из них, как Хух-Нур и Торейские озера (Зун-Торей и Барун-Торей), имеют площадь более 50 км² и 800 км² (суммарная акватория) соответственно. Эти озера являются индикаторами изменения климатических условий и могут рассматриваться как модельные объекты научных исследований. Для большинства озер характерно уменьшение объ-

ема воды в засушливые годы. В то же время ряд озер исчезают в период засух и восстанавливаются в многоводные годы. К примеру, оз. Барун-Торей с 2011 г. по настоящее время высохшее. Тем не менее с северной стороны по дну озерной котловины за счет атмосферных осадков и разгрузки подземных вод остаются небольшие водоёмы. В 2018 г. высохло и оз. Зун-Торей.

В условиях повышенной аридности и континентальности климата для рассматриваемой территории характерны внутривековые циклы продолжительностью 27–35 лет, которые контролируются ходом атмосферного увлажнения [1]. Таким образом, Торейские озёра имеют непостоянный

водный режим, обусловленный в значительной мере особенностями климата [2]. Изменение водности озер приводит к трансформации гидрохимических и гидробиологических характеристик экосистемы [3, 4]. Озера степной территории Монголии и Забайкальского края испытывают не только климатическое воздействие, но и антропогенную нагрузку. Как правило, вокруг них расположены сельскохозяйственные угодья и животноводческие хозяйства. В связи с этим в годы с интенсивными атмосферными осадками увеличивается доля аллохтонного органического вещества в экосистеме водоемов, а значит, и накопление донных осадков.

Разовые исследования были проведены лабораторией водных экосистем ИПРЭК СО РАН в многоводные 1966 и 1993 гг. на озерах: Тэлийн Цаган Нур, Дуро Нур, Галутын Нур и Хух Нур [5]. Исследования в маловодный 2008 год проводились на озерах: Хух Нур, Шогой Цаган Нур, Бага Далай Нур, Их Далай Нур, Дэлгэр Нур, Хорин Цаган Нур, Хайчийн Цаган Нур, Давсан Цаган Нур. Озера отличаются разнообразием экологических условий, в том числе по общей минерализации и химическому составу, что определило различия в обилии и структуре биоты [6–8]. Озера Улдза-Торейского бессточного бассейна Забайкальского края являются мониторинговыми объектами исследований лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН [9, 10]. Цель настоящего исследования – анализ гидрохимического состояния озер приграничных районов Се-

веро-Восточной Монголии и Забайкальского края в период засушливых климатических условий.

Материалы и методы исследования

В работе использованы материалы экспедиционных исследований, проведенных лабораторией водных экосистем ИПРЭК СО РАН с 12 по 21 июля 2011 г. по Северо-Восточной Монголии на участке от государственной границы России и Монголии до р. Керулен (Восточный – Дорнод аймак Монголии). В бассейнах рек Ульдза и Керулен (в пределах Монголии) были обследованы 16 озер, находящихся на высоте от 556 до 1024 м н.у.м. в степной Восточно-Монгольской равнине: Ангирт, Зээргийн, Хух нур, Галуут, Буус, Их Далай, Бага Далай, Дэлгэр, Хайчийн Цаган, Давсан Цаган, Сумийн нуур, Яхь нуур, Баруун Цайдам, Зуун Цайдам, Цайдам, Гурмийн нур и река Керулен. В Улдза-Торейском бессточном бассейне, в пределах Российской территории, обследованы 7 озер в июле 2011 и 2014: Барун-Торей, Зун-Торей, Нижний Мукэй, Булун-Цаган, Укшинда, Баин-Булак, Цаган-Нур, Баин-Цаган (рис. 1).

Физико-химические параметры воды (рН, минерализация, температура, содержание кислорода) в местах отбора проб определяли с помощью портативного прибора «АQWA-метр» (Германия). Макрокомпонентный состав воды определен в лабораторно-исследовательском центре по изучению минерального сырья (ОАО «ЛИЦИМС», г. Чита) с помощью атомно-абсорбционного, фотометрического, титриметрического методов анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследованные в 2011 г. озера Северо-Восточной Монголии в засушливый период в основном маловодные, исключением является оз. Хух-нур (табл. 1).



Карта расположения обследованных озер Северо-Восточной Монголии и Забайкальского края

Таблица 1

Физико-химические параметры исследованных озер Северо-Восточной Монголии

Озера	Глубина, м	pH	O ₂ , мг/л	T, °C	M, г/дм ³
Баг Далай	1,5	9,36	5,99	22,1	5,2
Их Далай	2,1	9,54	10,02	22,0	3,1
Дэлгэр	0,5	9,28	17,47	26,1	14,9
Озера	Глубина, м	pH	O ₂ , мг/л	T, °C	M, г/дм ³
Хайчин Цагаан	неглубокое*	9,63	0	29,6	16,2
Буус нуур	неглубокое	9,41	3,68	23,2	14,7
Галуут нуур	неглубокое	9,71	6,23	27,6	14,6
Давсан Цагаан	0,5	9,19	4,63	26,6	1,44
Хух-нур, центр	10,2	9,25	7,96 (пов.) 1,18 (дно)	20,8	3,2
Зээрэнгийн	неглубокое	9,80	4,49	28,0	21,4
Тээлин Цагаан	неглубокое	9,87	8,16	23,9	0,72
Сумийн-Нур	неглубокое	9,0	2,66	21,9	2,43
Яхь Нур	неглубокое	9,33	1,49	19,7	1,44
Зуун Цайдам	0,1	9,79	6,43	30,9	21,3
Баруун Цайдам	неглубокое	9,28	2,29	35,2	7,8
Гурмийн Нуур	3,8	9,34	5,36 (пов.) 1,74 (дно)	27,6	4,3

Примечание. * – уровень вод очень низкий; M – минерализация.

В исследованных озерах щелочная среда. Содержание растворенного кислорода изменялось в очень широком диапазоне. При совместном воздействии климатической нагрузки и пресса сельскохозяйственных животных увеличивается количество органических веществ. При высоких летних температурах интенсивное разложение органических веществ в неглубоких озерах приводит к уменьшению содержания кислорода, вплоть до полного его исчезновения. В придонных слоях средних и глубоких озер также отмечается уменьшение количества кислорода (Гурмийн Нуур и Хух-нур). В озерах, расположенных в местах с меньшим влиянием пресса сельскохозяйственных животных и с подземным питанием, содержание кислорода соответствует показателям летнего межлетнего периода (Их Далай, Тээлин Цагаан).

По общей минерализации исследованные озера долины рек Ульдза и Керулена изменяются от пресных до сильносоленых. К пресным водоемам относится оз. Тээлин Цагаан, к слабопресным – залив оз. Давсан Цагаан, Яхь Нур, Сумийн Нур, к соленым: Хух-нур, Их Далай, Баг Далай, Баруун Цайдам, Гурмийн Нуур и к сильносоленым – Галуут нуур, Буус нуур, Дэлгэр нуур, Хайчин Цагаан, Зуун Цайдам, Зээрэнгийн.

По катионному составу вода озер северо-восточной Монголии с минерализацией до 10 г/л – магниевно-натриевая, более соле-

ных – натриевая. Анионный состав озерных вод более разнообразен с преобладанием гидрокарбонатов, исключая оз. Зуун-Цайдам, в котором доминирует хлор. Наиболее крупное и глубокое оз. Хух-Нур (10 м) голомиктическое с колебанием минерализации по глубине в пределах 3,11–3,24 г/л.

Показатели физико-химических характеристик обследованных озер Улдза-Торейского бессточного бассейна представлены в табл. 2.

Озера Улдза-Торейского бессточного бассейна неглубокие с различной степенью прозрачности воды. В момент отбора проб как в 2011, так и в 2014 г. значения pH находились в щелочной области. Абсолютные значения растворенного кислорода в озерах в 2011 г. изменялось от 4,3 до 9,9 мг/л, в 2014 г. – от 7,7 до 15,1 мг/л. Таким образом, в 2011 г. содержание кислорода снижается до границ ПДК для рыбохозяйственных водоемов. В озере Нижний Мукэй снижение концентрации кислорода происходит за счет потребления его на окислительные процессы при небольшой глубине водоёма. В оз. Укшинда уменьшение содержания кислорода в 2011 г. связано со снижением растворимости кислорода в условиях высоких температур. В 2014 г. увеличение кислорода в ряде озер связано с бурным ростом сине-зеленых водорослей. Состояние дефицита кислорода в Торейских озерах было отмечено в 1982 г. (пик засухливости), когда к концу зимы снижение содержания кис-

лорода достигало до 3,79 мг/л [4]. В 2014 г. глубина мелких озер продолжала уменьшаться и, соответственно, увеличивалась минерализация их вод. Высокая минерализация отдельных озер также ограничивает интенсивность процессов насыщения воды кислородом из атмосферы.

В многоводный период (1999 г.) минерализация озер соответствовала: в оз. Зун-Торей – 2,20; Барун-Торей – 2,4; Цаган-нор – 2,60; Баин-Цаган – 2,11; Баин-Булак – 0,69 г/л [4]. В маловодный год (2011 г.) (табл.

2) по сравнению с 1999 г. минерализация озер увеличивается от 1,7 до 3,7 раз. По минеральному составу озера в засушливый период относятся к слабопресным (Баин-Булак), соленым (Зун-Торей, Цаган-Нур, Баин-Цаган, Укшинда) и сильносоленым (Умыкеевское, Булун-Цаган).

Изучение катионно-анионного состава воды озер Онон-Торейской котловины показало, что доминирующим катионом является натрий, а анионом – гидрокарбонат-ионы (табл. 3).

Таблица 2

Физико-химические параметры озер Улдза-Торейского бессточного бассейна

Озеро	Дата отбора	Глубина, м	Прозрачность, м	pH	O ₂ , мг/л	T, °C	M, г/дм ³
Нижний Мукэй	25.07.11	1,1*	0,3	9,6	4,3	24,6	70,26
	25.07.14	0,6	0,2	10,1	15,1	31,5	81,36
Булун-Цаган	26.07.11	0,6	до дна	9,4	9,9	24,3	18,08
	25.07.14	0,4	до дна	10,3	10,8	31,6	53,67
Зун-Торей	25.07.11	2,0	0,3	9,3	5,0-7,0	23,7	8,14
	23.07.14	1,5	0,2	9,9	8,2-9,1	23,6	14,26
Барун-Торей	с 2011 г., по настоящее время – высохшее						
	25.07.14	0,3	до дна	8,8	12,4	23,2	0,81
Цаган-Нур	27.07.11	2,5	до дна	9,1	6,1	22,6	4,37
	26.07.14	4,1	4,0	9,6	7,7	24,1	7,07
Баин-Цаган	28.07.11	7,8	1,5	9,4	6,9	22,0	4,09
	27.07.14	7,1	0,9	9,6	10,6	23,4	6,44
Укшинда	27.07.11	4,5	0,7	9,3	4,8	22,5	4,78
	29.07.14	3,7	0,7	9,6	8,1	24,3	7,76
Баин-Булак	28.07.11	3,4	0,5	9,0	5,9	21,5	1,82
	29.07.14	2,9	0,3	9,2	8,6	23,4	2,67

Примечание. * числитель – результаты 2011 г., знаменатель – результаты 2014 г.; M – минерализация.

Таблица 3

Гидрохимическая характеристика озер Онон-Торейской котловины, г/л

Озеро	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Тип воды
Нижний Мукэй	5,46	20,19	13,93	6,97	23,29	0,259	0,006	0,142	Гидрокарбонатно-натриевый
	–	–	–	–	–	–	–	–	
Булун-Цаган	1,68	9,03	0,99	0,81	5,20	0,260	0,008	0,089	Гидрокарбонатно-натриевый
	17,70	11,59	4,20	3,11	20,45	0,935	0,016	0,078	
Зун-Торей	0,37	3,04	1,28	0,99	2,45	0,038	0,006	0,084	Гидрокарбонатно-натриевый
	1,20	3,05	2,03	1,45	3,74	0,055	0,096	0,046	
Барун-Торей	с 2011 г., по настоящее время – высохшее								
	<0,01	0,61	0,009	0,006	0,070	0,009	0,048	0,051	Гидрокарбонатно-натриевый
Цаган-Нор	0,23	2,07	0,49	0,28	1,08	0,059	0,004	0,143	Гидрокарбонатно-натриевый
	0,72	1,71	0,69	0,31	1,32	0,081	0,216	0,039	
Баин-Цаган	0,16	1,67	0,90	0,13	1,20	0,049	0,012	0,043	Гидрокарбонатно-натриевый
	0,36	1,71	1,03	0,12	1,35	0,068	0,020	0,046	
Укшинда	0,16	1,83	1,09	0,20	1,35	0,039	0,008	0,092	Гидрокарбонатно-натриевый
	0,44	1,76	1,42	0,24	1,61	0,054	0,048	0,078	
Баин-Булак	0,05	0,95	0,15	0,06	0,40	0,018	0,016	0,069	Гидрокарбонатно-натриевый
	0,18	0,95	0,31	0,06	0,47	0,025	0,020	0,085	

Примечание. «—» нет данных; в числителе – 2011 г., в знаменателе – 2014 г.

Наблюдается преобладание хлоридных ионов над сульфатными, тем самым воды исследованных озер характеризуются как содово-галитный подтип вод. Высокая щелочность среды приводит к уменьшению содержания кальция как макрокомпонента.

При условии широкого разнообразия условий абиотической среды, характерных для озер Онон-Торейской высокой равнины, в основном обитают широко распространенные виды гидробионтов и виды, характерные для степных озер юга Забайкалья [6–8]. Низкий уровень озер обуславливает бедность видового состава растительных сообществ. Сообщества воздушно-водных растений приурочены к опресненным участкам озер [9, 10].

Заключение

Второе десятилетие XXI в. характеризуется засушливостью климата и уменьшением речного стока. Колебания климата отражаются на изменении количества выпадающих осадков и средней температуры воды в озерах. И, как следствие, изменяется глубина, объем воды и площадь водного зеркала озер. Уменьшение объема воды приводит к увеличению концентрации солей в воде, кислорода и других гидрохимических показателей. Изменения абиотических показателей водной среды приводят к смене видового состава гидробионтов и к изменению потоков энергии в трофических цепях экосистемы.

Озера приграничных районов Северо-Восточной Монголии и Забайкальского края имеют непостоянный водный режим, периодичность их колебаний обусловлена в значительной мере климатом. Рассматриваемые в работе годы относятся к сухому периоду, начавшемуся с 1999 г. и продлившемуся вплоть до 2018 г. В 2018 г. высохло оз. Зун-Торей, начало процесса отмечено в 1940-х гг. Формирование химического состава вод в теплое время засушливых лет происходит за счет испарительного концентрирования солей. На исследуемой территории в связи с непостоянством во-

дного режима наблюдается широкий диапазон показателей общей минерализации озер, характеризующих их от пресных до рассольных состояний. В маловодные годы, по сравнению с многоводными, минерализация вод в озерах увеличивается в 1,7–3,7 раза.

Работа выполнена по программе ФНИ (проект IX.137.1).

Список литературы

1. Баженова О.И. Современная динамика озерно-флювиальных систем Онон-Торейской высокой равнины (Южное Забайкалье) // Вестник Томского гос. ун-та. 2013. № 371. С. 171–177.
2. Обязов В.А. Изменения современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья: автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Казань, 2014. 39 с.
3. Замана Л.В., Вахнина И.Л. Гидрохимия солёных озёр Юго-Восточного Забайкалья в фазу аридизации климата в начале XXI века // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11–4. С. 608–612.
4. Куклин А.П., Цыбекмитова Г.Ц., Горлачева Е.П. Состояние водных экосистем озер Онон-Торейской равнины за 1983–2011 годы (Восточное Забайкалье) // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19. № 3 (56). С. 16–26.
5. Итигилова М.Ц., Дулмаа А., Афонина Е.Ю. Зоопланктон озер долины рек Ульдза и Керулен северо-востока Монголии. – Биология внутренних вод. 2014. № 3. С. 54–63. DOI: 10.7868/S0320965214030103.
6. Базарова Б.Б. Сообщества водных растений некоторых приграничных озёр Монголии // Природоохранное сотрудничество: Россия, Монголия, Китай. 2010. № 1. С. 29–31.
7. Базарова Б.Б. Флора и растительность озер Северо-Восточной Монголии // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: матер. XI Междун. науч.-практ. конф. Барнаул: АРТИКА, 2012. С. 19–21.
8. Матафонов П.В. Зообентос некоторых озер северо-восточной части Монголии // Успехи современного естествознания. 2014. № 11. С. 137–138.
9. Афонина Е.Ю., Ташлыкова Н.А. Влияние факторов среды на планктонные биоценозы содово-соленых озер Даурского экорегиона (Забайкальский край) // Экология родного края: проблемы и пути их решения: матер. XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: Вятский госуниверситет, 2018. С. 218–222.
10. Ташлыкова Н.А. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика летнего фитопланктона Торейских озёр // Ученые записки ЗабГУ. 2017. Т. 12. № 1 [Электронный ресурс]. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_28858807_51585671.pdf (дата обращения: 22.10.2018).